

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5674125号  
(P5674125)

(45) 発行日 平成27年2月25日(2015.2.25)

(24) 登録日 平成27年1月9日(2015.1.9)

(51) Int.Cl. F I  
G O 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2010-285366 (P2010-285366)	(73) 特許権者	00004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成22年12月22日(2010.12.22)		東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(65) 公開番号	特開2012-141329 (P2012-141329A)	(74) 代理人	100140800 弁理士 保坂 丈世
(43) 公開日	平成24年7月26日(2012.7.26)	(72) 発明者	伊藤 智希 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号 株式会社ニコン内
審査請求日	平成25年11月25日(2013.11.25)		審査官 森内 正明
(31) 優先権主張番号	特願2010-278868 (P2010-278868)	(56) 参考文献	特開2010-191335 (JP, A)
(32) 優先日	平成22年12月15日(2010.12.15)		)
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、  
 正の屈折力を有する第1レンズ群と、  
 負の屈折力を有する第2レンズ群と、  
 正の屈折力を有する第3レンズ群と、  
 負の屈折力を有する第4レンズ群と、  
 正の屈折力を有する第5レンズ群と、  
 負の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6個のレンズ群からなり、  
 変倍に際し、前記第1レンズ群は、像面に対して光軸方向に固定され、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が変化し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が変化し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が変化し、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群との間隔が変化し、前記第5レンズ群と前記第6レンズ群との間隔が変化し、

前記第1レンズ群の焦点距離を  $f_1$  とし、前記第2レンズ群の焦点距離を  $f_2$  とし、前記第3レンズ群の焦点距離を  $f_3$  としたとき、次式

$$3.10 < f_1 / (-f_2) < 5.00$$

$$0.40 < (-f_2) / f_3 < 0.60$$

の条件を満足することを特徴とする変倍光学系。

【請求項2】

前記第4レンズ群の焦点距離を $f_4$ とし、前記第6レンズ群の焦点距離を $f_6$ としたとき、次式

$$2.00 < f_4 / f_6 < 3.00$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

【請求項3】

前記第5レンズ群の焦点距離を $f_5$ とし、前記第6レンズ群の焦点距離を $f_6$ としたとき、次式

$$0.66 < f_5 / (-f_6) < 1.50$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の変倍光学系。

【請求項4】

前記第3レンズ群と前記第6レンズ群との間に開口絞りを有することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項5】

前記レンズ群のうち、いずれか1つのレンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むように移動することを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項6】

合焦に際し、前記第3レンズ群の少なくとも一部は、光軸に沿って移動することを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の変倍光学系。

【請求項7】

請求項1～6のいずれか一項に記載の変倍光学系を有することを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学機器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等に適した変倍光学系が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平11-223770公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら従来の変倍光学系は、変倍時の収差変動が大きいという課題があった。

【0005】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、変倍時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学機器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記課題を解決するために、本発明に係る変倍光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群と、負の屈折力を有する第6レンズ群との実質的に6個のレンズ群からなり、変倍に際し、第1レンズ群は、像面に対して光軸方向に固定され、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が変化し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が変化し、第5レンズ群と第6レンズ群との間隔が変化する。そして、この変倍光学系は、第1レンズ群の焦点距離を $f$

10

20

30

40

50

1とし、第2レンズ群の焦点距離を $f_2$ とし、第3レンズ群の焦点距離を $f_3$ としたとき、次式

$$3.10 < f_1 / (-f_2) < 5.00$$

$$0.40 < (-f_2) / f_3 < 0.60$$

の条件を満足することを特徴とする。

【0008】

また、このような変倍光学系は、第4レンズ群の焦点距離を $f_4$ とし、第6レンズ群の焦点距離を $f_6$ としたとき、次式

$$2.00 < f_4 / f_6 < 3.00$$

の条件を満足することが好ましい。

10

【0009】

また、このような変倍光学系は、第5レンズ群の焦点距離を $f_5$ とし、第6レンズ群の焦点距離を $f_6$ としたとき、次式

$$0.66 < f_5 / (-f_6) < 1.50$$

の条件を満足することが好ましい。

【0010】

また、このような変倍光学系は、第3レンズ群と第6レンズ群との間に開口絞りを有することが好ましい。

【0011】

また、このような変倍光学系は、第1～第6レンズ群のうち、いずれか1つのレンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むように移動することが好ましい。

20

【0012】

また、このような変倍光学系において、合焦に際し、第3レンズ群の少なくとも一部は、光軸に沿って移動することが好ましい。

【0013】

また、本発明に係る光学機器は、上述の変倍光学系のいずれかを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、変倍時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系、及び、この変倍光学系を有する光学機器を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】第1実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図2】第1実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図であって、(a)は無遠合焦時を示し、(b)は無遠合焦状態においてぶれ補正を行ったときのコマ収差図を示す。

【図3】第1実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における諸収差図であって、(a)は無遠合焦時を示し、(b)は無遠合焦状態においてぶれ補正を行ったときのコマ収差図を示す。

40

【図4】第1実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図であって、(a)は無遠合焦時を示し、(b)は無遠合焦状態においてぶれ補正を行ったときのコマ収差図を示す。

【図5】第2実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図6】第2実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図であって、(a)は無遠合焦時を示し、(b)は無遠合焦状態においてぶれ補正を行ったときのコマ収差図を示す。

【図7】第2実施例に係る変倍光学系の間焦点距離状態における諸収差図であって、(a)は無遠合焦時を示し、(b)は無遠合焦状態においてぶれ補正を行ったときのコマ収差図を示す。

50

【図 8】第 2 実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図であって、(a)は無限遠合焦時を示し、(b)は無限遠合焦状態においてぶれ補正を行ったときのコマ収差図を示す。

【図 9】第 3 実施例に係る変倍光学系のレンズ構成を示す断面図である。

【図 10】第 3 実施例に係る変倍光学系の広角端状態における諸収差図であって、(a)は無限遠合焦時を示し、(b)は無限遠合焦状態においてぶれ補正を行ったときのコマ収差図を示す。

【図 11】第 3 実施例に係る変倍光学系の中間焦点距離状態における諸収差図であって、(a)は無限遠合焦時を示し、(b)は無限遠合焦状態においてぶれ補正を行ったときのコマ収差図を示す。

10

【図 12】第 3 実施例に係る変倍光学系の望遠端状態における諸収差図であって、(a)は無限遠合焦時を示し、(b)は無限遠合焦状態においてぶれ補正を行ったときのコマ収差図を示す。

【図 13】本実施形態に係る変倍光学系が搭載された一眼レフカメラの断面図を示す。

【図 14】本実施形態に係る変倍光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。図 1 に示すように、本実施形態に係る変倍光学系 ZL は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G3 と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群 G4 と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群 G5 と、負の屈折力を有する第 6 レンズ群 G6 と、を有する。また、この変倍光学系 ZL は、変倍に際し、第 1 レンズ群 G1 が像面に対して光軸方向に固定されている。この第 1 レンズ群 G1 を像面に対して光軸方向に固定することにより、変倍のための駆動機構を簡素化することができる。これにより鏡筒の小型化を図ることができる。

20

【0018】

また、本変倍光学系 ZL は、変倍に際し、上記第 1 ~ 第 6 レンズ群 G1 ~ G6 どうしの間隔（第 1 レンズ群 G1 と第 2 レンズ群 G2 の間隔、第 2 レンズ群 G2 と第 3 レンズ群 G3 との間隔、第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 との間隔、第 4 レンズ群 G4 と第 5 レンズ群 G5 との間隔、及び、第 5 レンズ群 G5 と第 6 レンズ群 G6 との間隔）が変化することが望ましい。この構成により、変倍時の球面収差の変動、像面湾曲の変動を小さくすることができる。

30

【0019】

また、本変倍光学系 ZL は、上記第 1 ~ 第 6 レンズ群 G1 ~ G6 のうち、いずれか 1 つのレンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を持つように移動させて像を変位させる防振レンズ群として機能させるように構成されている。このように、レンズ群の一部を移動させることにより、移動機構の小型化を図ることができる。

【0020】

それでは、このような変倍光学系 ZL を構成するための条件について説明する。まず、この変倍光学系 ZL は、第 1 レンズ群 G1 の焦点距離を  $f_1$  とし、第 2 レンズ群 G2 の焦点距離を  $f_2$  としたとき、以下の条件式 (1) を満足することが望ましい。

40

【0021】

$$3.10 < f_1 / (-f_2) < 5.00 \quad (1)$$

【0022】

条件式 (1) は第 2 レンズ群 G2 の焦点距離に対する、適正な第 1 レンズ群 G1 の焦点距離を規定するものである。条件式 (1) を満足することにより、望遠端状態における球面収差と色収差を良好に補正することができる。この条件式 (1) の下限値を下回ると、第 1 レンズ群 G1 の屈折力が大きくなり、望遠端状態における球面収差と色収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式 (1)

50

)の下限値を3.40にすることが望ましい。また、この条件式(1)の上限値を上回ると、第1レンズ群G1の屈折力が小さくなり、全長の増大を招いてしまうため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(1)の上限値を4.50とすることが望ましい。

【0023】

また、本変倍光学系ZLは、第3レンズ群G3の焦点距離を $f_3$ としたとき、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

【0024】

$$0.40 < (-f_2) / f_3 < 0.60 \quad (2)$$

【0025】

条件式(2)は第3レンズ群G3の焦点距離に対する、適正な第2レンズ群G2の焦点距離を規定するものである。条件式(2)を満足することにより、広角端状態におけるコマ収差、及び、望遠端状態における球面収差を良好に補正することができる。この条件式(2)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2の屈折力が大きくなり、広角端状態におけるコマ収差、及び、望遠端における球面収差の補正が困難となり好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(2)の下限値を0.42にすることが望ましい。また、この条件式(2)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2の屈折力が小さくなり、第1レンズ群G1の径が大きくなってしまうため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を0.55とすることが望ましい。

【0026】

このように本変倍光学系ZLは、条件式(1)又は条件式(2)を満足するように構成することにより、変倍時の収差変動及び像ぶれ補正時の収差変動を良好に抑えた変倍光学系を実現することができる。

【0027】

また、本変倍光学系ZLは、第4レンズ群G4の焦点距離を $f_4$ とし、第6レンズ群G6の焦点距離を $f_6$ としたとき、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

【0028】

$$2.00 < f_4 / f_6 < 3.00 \quad (3)$$

【0029】

条件式(3)は第4レンズ群G4の焦点距離に対する、適正な第6レンズ群G6の焦点距離を規定するものである。条件式(3)を満足することにより、変倍時の球面収差の変動を良好に補正することができる。この条件式(3)の下限値を下回ると、第4レンズ群G4の屈折力が大きくなり、製造誤差による偏心コマ収差の発生が顕著になるため好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(3)の下限値を2.20にすることが望ましい。また、この条件式(3)の上限値を上回ると、第4レンズ群G4の屈折力が小さくなり、変倍時の球面収差の変動を補正することが困難となり好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(3)の上限値を2.80にすることが望ましい。

【0030】

また、本変倍光学系ZLは、第5レンズ群G5の焦点距離を $f_5$ とし、第6レンズ群G6の焦点距離を $f_6$ としたとき、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

【0031】

$$0.66 < f_5 / (-f_6) < 1.50 \quad (4)$$

【0032】

条件式(4)は第6レンズ群G6の焦点距離に対する、適正な第5レンズ群G5の焦点距離を規定するものである。条件式(4)を満足することにより、変倍時の像面湾曲の変動を良好に補正することができる。この条件式(4)の下限値を下回ると、第5レンズ群G5の屈折力が大きくなり、広角端状態における像面湾曲および非点収差の補正が困難となり好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を0.80にすることが望ましい。また、この条件式(4)の上限値を上回ると、第5レ

10

20

30

40

50

レンズ群 G 5 の屈折力が小さくなり、変倍時の像面湾曲の変動を補正することが困難となり好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式 ( 4 ) の上限値を 1 . 3 0 にすることが望ましい。

【 0 0 3 3 】

また、本変倍光学系 Z L は、第 3 レンズ群 G 3 と第 6 レンズ群 G 6 の間 ( レンズ群とレンズ群との間、または、レンズ群中に配置されることも含む ) に開口絞り S を有することが望ましい。この構成により、コマ収差と像面湾曲を良好に補正することができる。

【 0 0 3 4 】

また、本変倍光学系 Z L は、合焦に際し、第 3 レンズ群 G 3 の少なくとも一部が光軸に沿って移動することが望ましい。さらに、第 3 レンズ群 G 3 の全てのレンズが、合焦に際し、光軸に沿って物体側に移動することがより望ましい。この構成により、迅速な合焦を行うことができ、また合焦時の画角変動と球面収差の変動を小さくすることができる。

【 0 0 3 5 】

図 1 3 に、上述の変倍光学系 Z L を備える光学機器として、一眼レフカメラ 1 ( 以後、単にカメラと記す ) の略断面図を示す。このカメラ 1 において、不図示の物体 ( 被写体 ) からの光は、撮影レンズ 2 ( 変倍光学系 Z L ) で集光されて、クイックリターンミラー 3 を介して焦点板 4 に結像される。そして、焦点板 4 に結像された光は、ペンタプリズム 5 中で複数回反射されて接眼レンズ 6 へと導かれる。これにより、撮影者は、物体 ( 被写体 ) 像を接眼レンズ 6 を介して正立像として観察することができる。

【 0 0 3 6 】

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、クイックリターンミラー 3 が光路外へ退避し、撮影レンズ 2 で集光された不図示の物体 ( 被写体 ) の光は撮像素子 7 上に被写体像を形成する。これにより、物体 ( 被写体 ) からの光は、当該撮像素子 7 により撮像され、物体 ( 被写体 ) 画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者は本カメラ 1 による物体 ( 被写体 ) の撮影を行うことができる。なお、図 1 3 に記載のカメラ 1 は、変倍光学系 Z L を着脱可能に保持するものでも良く、変倍光学系 Z L と一体に成形されるものでも良い。また、カメラ 1 は、いわゆる一眼レフカメラでも良い。また、クイックリターンミラーを有しないカメラであっても、上記カメラと同様の効果を奏することができる。

【 0 0 3 7 】

なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【 0 0 3 8 】

本実施形態では、6 群構成の変倍光学系 Z L を示したが、以上の構成条件等は、7 群構成等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。また、レンズ群とは、合焦時に変化する空気間隔で分離された、若しくは光軸と略直交成分を持つように移動するか否かで分離された少なくとも 1 枚のレンズを有する部分を示す。

【 0 0 3 9 】

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。この場合、合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の ( 超音波モーター等の ) モーター駆動にも適している。特に、前述したように第 3 レンズ群 G 3 を合焦レンズ群とするのが好ましい。

【 0 0 4 0 】

また、レンズ群または部分レンズ群を光軸と直交する方向の成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動 ( 揺動 ) させて、手ブレによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群としてもよい。特に、第 5 レンズ群 G 5 若しくは第 6 レンズ群 G 6 の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

【 0 0 4 1 】

また、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。

本実施形態に示す変倍光学系 Z L のように非球面を用いずに全てのレンズ面を球面で形成すると、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を妨げるので好ましい。レンズ面に平面が含まれていても同様である。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。また、レンズ面が非球面の場合、非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。また、レンズ面は回折面としても良く、レンズを屈折率分布型レンズ (GRIN レンズ) 或いはプラスチックレンズとしても良い。

【 0 0 4 2 】

また、各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し高コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施しても良い。

10

【 0 0 4 3 】

また、本実施形態に係る変倍光学系 Z L は、変倍比が 2 . 5 ~ 8 程度である。

【 0 0 4 4 】

なお、本願を分かり易く説明するために実施形態の構成要件を付して説明したが、本願がこれに限定されるものではないことは言うまでもない。

【 0 0 4 5 】

以下、本実施形態の変倍光学系 Z L の製造方法の概略を、図 1 4 を参照して説明する。まず、各レンズを配置してレンズ群をそれぞれ準備する (ステップ S 1 0 0 )。具体的に、本実施形態では、例えば、図 1 に示すように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と両凸レンズ L 1 2 との接合負レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 4 を配置して第 1 レンズ群 G 1 とし、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1、両凹レンズ L 2 2 と両凸レンズ L 2 3 との接合正レンズ、及び、両凹レンズ L 2 4 を配置して第 2 レンズ群 G 2 とし、物体側から順に、両凸レンズ L 3 1、及び、両凸レンズ L 3 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 3 との接合負レンズを配置して第 3 レンズ群 G 3 とし、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 1 を配置して第 4 レンズ群 G 4 とし、物体側から順に、開口絞り S、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 5 1、及び、両凸レンズ L 5 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 5 3 との接合正レンズを配置して第 5 レンズ群 G 5 とし、物体側から順に、両凹レンズ L 6 1 と両凸レンズ L 6 2 との接合正レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 6 3 を配置して第 6 レンズ群 G 6 とする。

20

30

【 0 0 4 6 】

この際、第 1 レンズ群 G 1 は、像面に対して光軸方向に固定されるよう配置する (ステップ S 2 0 0 )。

【 0 0 4 7 】

そして、これらのレンズ群 G 1 ~ G 6 を、第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離を  $f_1$  とし、第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離を  $f_2$  とし、第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離を  $f_3$  としたとき、前述の条件式 ( 1 ) 及び ( 2 ) を満足するよう配置する (ステップ S 3 0 0 )。

【実施例】

40

【 0 0 4 8 】

以下、本願の各実施例を、図面に基づいて説明する。なお、図 1、図 5、及び、図 9 は、各実施例に係る変倍光学系 Z L ( Z L 1 ~ Z L 3 ) の構成を示す断面図である。これらの変倍光学系 Z L 1 ~ Z L 3 は、いずれも、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 と、負の屈折力を有する第 6 レンズ群 G 6 と、から構成されている。

【 0 0 4 9 】

また、これらの変倍光学系 Z L 1 ~ Z L 3 の断面図の下部には、広角端状態 ( W ) から望遠端状態 ( T ) に変倍する際の各レンズ群 G 1 ~ G 6 の光軸に沿った移動方向が矢印で

50

示されている。具体的には、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔が変化し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔が変化し、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔が減少し、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との軸上空気間隔が減少するように、第1レンズ群G1は像面に対して光軸方向に固定され、第2レンズ群G2は像面側へ移動し、第3レンズ群G3は一旦像面側へ移動した後に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は像面側に移動し、第5レンズ群G5は物体側へ移動し、第6レンズ群G6は物体側へ移動する。

【0050】

また、これらの変倍光学系ZL1~ZL3は、無限遠から最至近物体に合焦するとき、第3レンズ群G3が物体側から像面側に光軸に沿って移動する。また、第1及び第2実施例に係る変倍光学系ZL1、ZL2においては、第5レンズ群G5の一部が変倍レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動し、第3実施例に係る変倍光学系ZL3においては、第6レンズ群G6の一部が変倍レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含むように移動する。

【0051】

[第1実施例]

図1は、本願の第1実施例に係る変倍光学系ZL1の構成を示す図である。この図1の変倍光学系ZL1において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸レンズL12との接合負レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL14から構成されている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21、両凹レンズL22と両凸レンズL23との接合正レンズ、及び、両凹レンズL24から構成されている。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31、及び、両凸レンズL32と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL33との接合負レンズから構成されている。第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL41から構成されている。第5レンズ群G5は、物体側から順に、開口絞りS、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL51、及び、両凸レンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合正レンズから構成されている。第6レンズ群G6は、物体側から順に、両凹レンズL61と両凸レンズL62との接合正レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL63から構成されている。

【0052】

以下の表1に、第1実施例の諸元の値を掲げる。この表1において、全体諸元は、広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態のそれぞれにおける焦点距離 $f$ 、Fナンバー $FNO$ 、画角 $2\omega$ 、像高 $Y$ 、及び、全長 $TL$ をそれぞれ表している。さらに、レンズ諸元の第1欄 $m$ は、光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序(面番号)を、第2欄 $r$ は、各レンズ面の曲率半径を、第3欄 $d$ は、各光学面から次の光学面までの光軸上の間隔(面間隔)を、第4欄 $d$ 及び第5欄 $nd$ は、 $d$ 線( $\lambda = 587.6\text{nm}$ )に対するアッペ数及び屈折率を示している。また、全長 $TL$ は、無限遠合焦時のレンズ面の第1面から像面までの光軸上の距離を表している。また、レンズ群焦点距離は第1~第6レンズ群G1~G6の各々の始面と焦点距離を示している。ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離 $f$ 、曲率半径 $r$ 、面間隔 $d$ 、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。なお、曲率半径0.00はレンズ面の場合は平面を示し、絞りの場合は開口又は絞り面を示す。また、空気の屈折率1.00000は省略してある。また、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

【0053】

(表1)

[全体諸元]

広角端状態 中間焦点距離状態 望遠端状態

10

20

30

40

50



f	=	81.6	~	240.0	~	392.0
F N O	=	4.59	~	5.00	~	5.77
2	=	29.4	~	9.9	~	6.1
Y	=	21.6	~	21.6	~	21.6
T L	=	272.2	~	272.2	~	272.2

## [ レンズ諸元 ]

m	r	d	d	n d	
1	296.532	2.500	32.35	1.85026	
2	99.157	7.768	82.51	1.49782	10
3	-5648.049	0.100			
4	107.361	6.853	82.51	1.49782	
5	1442.619	0.100			
6	87.207	7.958	82.51	1.49782	
7	1442.621	D1			
8	1295.063	2.000	46.62	1.81600	
9	43.784	5.132			
10	-72.122	2.000	65.46	1.60300	
11	40.058	6.018	23.78	1.84666	
12	-127.005	1.379			20
13	-58.482	2.000	42.72	1.83481	
14	184.347	D2			
15	110.569	5.196	53.87	1.71300	
16	-65.335	0.200			
17	280.819	6.998	82.51	1.49782	
18	-46.060	1.800	29.37	1.95000	
19	-129.313	D3			
20	-80.102	2.000	60.09	1.64000	
21	-422.530	D4			
22	0.000	2.000			開口絞り S 30
23	44.633	3.987	82.51	1.49782	
24	224.471	13.809			
25	71.214	5.405	52.30	1.51742	
26	-74.260	1.500	23.78	1.84666	
27	-191.536	D5			
28	-997.616	1.500	40.76	1.88300	
29	24.061	7.006	33.80	1.64769	
30	-45.482	1.665			
31	-29.745	1.500	46.62	1.81600	
32	-102.450	BF			40

## [ レンズ群焦点距離 ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	111.246
第2レンズ群	8	-28.407
第3レンズ群	15	60.186
第4レンズ群	20	-154.790
第5レンズ群	22	66.241
第6レンズ群	28	-63.117

【 0 0 5 4 】

この第1実施例に係る変倍光学系Z L 1は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2の軸上空気間隔D 1、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との軸上空気間隔D 2、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との軸上空気間隔D 3、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との軸上空気間隔D 4、第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との軸上空気間隔D 5、及び、バックフォーカスB Fが変化する。次の表2に、無限遠合焦状態の、広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態における各可変間隔の値を示す。

【 0 0 5 5 】

(表2)

[ 可変間隔データ ]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
D1	12.385	45.589	51.052
D2	42.241	16.728	2.000
D3	8.980	19.588	17.980
D4	39.432	11.781	2.000
D5	18.379	18.556	19.067
BF	52.4	61.6	81.7

10

【 0 0 5 6 】

また、本変倍光学系Z L 1において、全系の焦点距離がfで、防振係数(ぶれ補正での移動レンズ群の移動量に対する結像面での像移動量の比)がKのレンズで角度の回転ぶれを補正するには、ぶれ補正用の移動レンズ群を( f · t a n ) / Kだけ光軸と直交方向に移動させれば良い(以降の実施例においても同様である)。以下の表3に、本第1実施例に変倍光学系Z L 1の広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態における焦点距離、防振係数、回転ぶれ[ ° ]及びレンズ群移動量[ m m ]を示す。

20

【 0 0 5 7 】

(表3)

	焦点距離	防振係数	回転ぶれ	レンズ群移動量
広角端	81.6	0.76	0.3	0.56
中間焦点距離	240.0	0.86	0.2	0.98
望遠端	392.0	1.07	0.2	1.28

30

【 0 0 5 8 】

次の表4に、この第1実施例における各条件式対応値を示す。なおこの表4において、f 1は第1レンズ群G 1の焦点距離を、f 2は第2レンズ群G 2の焦点距離を、f 3は第3レンズ群G 3の焦点距離を、f 4は第4レンズ群G 4の焦点距離を、f 5は第5レンズ群G 5の焦点距離を、f 6は第6レンズ群G 6の焦点距離をそれぞれ表している。以上の符号の説明は以降の実施例においても同様である。

【 0 0 5 9 】

(表4)

[ 条件式対応値 ]

- ( 1 ) f 1 / ( - f 2 ) = 3.92
- ( 2 ) ( - f 2 ) / f 3 = 0.47
- ( 3 ) f 4 / f 6 = 2.45
- ( 4 ) f 5 / ( - f 6 ) = 1.05

40

【 0 0 6 0 】

図2~図4に、本第1実施例に係る変倍光学系Z L 1の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差及びコマ収差の諸収差図を示す。なお、図2~図4において、( a )は無限遠合焦状態の諸収差を示し、( b )は上述の表3に示す回転ぶれに対するぶれ補正を行ったときのコマ収差を示す。各収差図において、F N OはFナンバーを、Aは半画角を、dはd線( = 5 8 7 . 6 n m )を、gはg線( = 4 3 5 . 6 n m )を、それぞれ示している。また、非点収差を示す収

50

差図において実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。なお、これらの収差図の説明は以降の実施例においても同様である。各収差図から明らかなように、第1実施例では、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0061】

[第2実施例]

図5は、本願の第2実施例に係る変倍光学系ZL2の構成を示す図である。この図5の変倍光学系ZL2において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸レンズL12との接合負レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL14から構成されている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸レンズL21と両凹レンズL22との接合負レンズ、両凹レンズL23と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL24との接合負レンズ、及び、両凹レンズL25から構成されている。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31、及び、両凸レンズL32と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL33との接合正レンズから構成されている。第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL41から構成されている。第5レンズ群G5は、物体側から順に、開口絞りS、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL51、及び、両凸レンズL52と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL53との接合正レンズから構成される。第6レンズ群G6は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL61と両凸レンズL62との接合正レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL63から構成されている。

10

20

【0062】

以下の表5に、第2実施例の諸元の値を掲げる。

【0063】

(表5)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 81.6	~ 240.0	~ 392.0
FNO	= 4.59	~ 4.96	~ 5.77
2	= 29.6	~ 10.0	~ 6.1
Y	= 21.6	~ 21.6	~ 21.6
TL	= 259.3	~ 259.3	~ 259.3

30

[レンズ諸元]

m	r	d	d	n d
1	335.544	2.500	32.35	1.85026
2	93.505	7.996	82.51	1.49782
3	-1086.225	0.100		
4	96.595	7.149	82.51	1.49782
5	2728.493	0.100		
6	88.859	7.036	82.51	1.49782
7	1101.814	D1		
8	1028.718	3.605	23.78	1.84666
9	-72.545	2.000	63.37	1.61800
10	54.820	2.862		
11	-227.525	2.000	54.66	1.72916
12	40.357	3.253	22.79	1.80809
13	150.185	2.893		
14	-53.892	2.000	42.72	1.83481
15	136.842	D2		

40

50

16	141.465	4.145	54.66	1.72916
17	-67.855	0.200		
18	128.206	4.357	82.51	1.49782
19	-60.471	2.000	25.45	2.00069
20	-168.761	D3		
21	-75.436	2.000	54.66	1.72916
22	-170.623	D4		
23	0.000	2.000		
24	39.720	3.230	82.51	1.49782
25	107.621	4.538		
26	84.859	4.750	52.30	1.51742
27	-54.303	2.000	28.46	1.72825
28	-156.848	D5		
29	125.494	2.000	46.62	1.81600
30	20.977	4.948	36.30	1.62004
31	-39.213	2.487		
32	-30.042	2.000	40.76	1.88300
33	-376.111	BF		

開口絞り

10

## [ レンズ群焦点距離 ]

20

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	107.465
第2レンズ群	8	-26.561
第3レンズ群	16	57.782
第4レンズ群	21	-187.102
第5レンズ群	23	69.602
第6レンズ群	29	-76.319

## 【 0 0 6 4 】

この第2実施例に係る変倍光学系ZL2は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の軸上空気間隔D1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔D2、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔D3、第4レンズ群G4と第5レンズ群G5との軸上空気間隔D4、第5レンズ群G5と第6レンズ群G6との軸上空気間隔D5、及び、バックフォーカスBFが変化する。次の表6に、無限遠合焦状態の、広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態における各可変間隔の値を示す。

30

## 【 0 0 6 5 】

(表6)

## [ 可変間隔データ ]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
D1	6.027	41.419	47.116
D2	38.421	16.139	2.000
D3	9.884	18.100	16.200
D4	39.081	10.416	2.000
D5	17.135	17.511	17.879
BF	64.6	71.5	89.9

40

## 【 0 0 6 6 】

以下の表7に、本第2実施例における変倍光学系ZL2の広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態における焦点距離、防振係数、回転ぶれ[°]及びレンズ群移動量[mm]を示す。

## 【 0 0 6 7 】

50

(表7)

	焦点距離	防振係数	回転ぶれ	レンズ群移動量
広角端	81.6	0.80	0.3	0.53
中間焦点距離	240.0	0.87	0.2	0.98
望遠端	392.0	1.05	0.2	1.30

【0068】

次の表8に、この第2実施例における各条件式対応値を示す。

【0069】

(表8)

[条件式対応値]

(1)  $f_1 / (-f_2) = 4.05$

(2)  $(-f_2) / f_3 = 0.46$

(3)  $f_4 / f_6 = 2.45$

(4)  $f_5 / (-f_6) = 0.91$

【0070】

図6～図8に、本第2実施例に係る変倍光学系ZL2の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差及びコマ収差の諸収差図を示す。なお、図6～図8において、(a)は無限遠合焦状態の諸収差を示し、(b)は上述の表7に示す回転ぶれに対するぶれ補正を行ったときのコマ収差を示す。各収差図から明らかのように、第2実施例では、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0071】

[第3実施例]

図9は、本願の第3実施例に係る変倍光学系ZL3の構成を示す図である。この図9の変倍光学系ZL3において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸レンズL12との接合負レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL14から構成されている。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL21と両凹レンズL22との接合負レンズ、両凸レンズL23と両凹レンズL24との接合負レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL25から構成されている。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31、及び、両凸レンズL32と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL33との接合負レンズから構成されている。第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL41から構成されている。第5レンズ群G5は、物体側から順に、開口絞りS、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL51と両凸レンズL52との接合正レンズ、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL53から構成されている。第6レンズ群G6は、物体側から順に、両凸レンズL61と両凹レンズL62との接合負レンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL63と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL64との接合正レンズ、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL65から構成されている。

【0072】

以下の表9に、第3実施例の諸元の値を掲げる。

【0073】

(表9)

[全体諸元]

	広角端状態	中間焦点距離状態	望遠端状態
f	= 81.6	~ 240.0	~ 392.0
FNO	= 4.59	~ 5.00	~ 5.77
2	= 29.6	~ 10.0	~ 6.1
Y	= 21.6	~ 21.6	~ 21.6

10

20

30

40

50

T L = 283.6 ~ 283.6 ~ 283.6

[ レンズ諸元 ]

m	r	d	d	n d	
1	320.893	2.500	31.27	1.90366	
2	112.834	6.507	82.51	1.49782	
3	-3554.736	0.100			
4	115.342	5.868	82.51	1.49782	
5	1458.395	0.100			
6	111.883	5.830	82.51	1.49782	10
7	1458.395	D1			
8	-4213.036	2.473	23.78	1.84666	
9	-133.478	2.000	54.66	1.72916	
10	59.984	1.578			
11	128.930	4.222	23.78	1.84666	
12	-77.994	2.000	54.66	1.72916	
13	77.642	4.034			
14	-57.953	2.000	47.38	1.78800	
15	-3369.986	D2			
16	130.165	6.000	54.66	1.72916	20
17	-68.142	0.200			
18	284.742	4.725	58.93	1.51823	
19	-50.235	2.000	29.37	1.95000	
20	-241.532	D3			
21	-56.158	2.000	40.76	1.88300	
22	-110.578	D4			
23	0.000	2.000			開口絞り S
24	59.819	2.000	37.16	1.83400	
25	40.409	7.114	64.11	1.51680	
26	-91.984	0.100			30
27	90.161	2.573	82.51	1.49782	
28	904.396	D5			
29	110.032	2.314	25.43	1.80518	
30	-108.778	1.500	40.76	1.88300	
31	55.519	22.382			
32	58.247	1.500	40.76	1.88300	
33	30.631	4.891	38.01	1.60342	
34	598.923	5.810			
35	-34.467	1.500	40.76	1.88300	
36	-68.483	BF			40

[ レンズ群焦点距離 ]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	135.000
第2レンズ群	8	-36.474
第3レンズ群	16	73.876
第4レンズ群	21	-131.497
第5レンズ群	23	61.193
第6レンズ群	29	-55.551

【 0 0 7 4 】

この第3実施例に係る変倍光学系Z L 3は、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2の軸上空気間隔D 1、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との軸上空気間隔D 2、第3レンズ群G 3と第4レンズ群G 4との軸上空気間隔D 3、第4レンズ群G 4と第5レンズ群G 5との軸上空気間隔D 4、第5レンズ群G 5と第6レンズ群G 6との軸上空気間隔D 5、及び、バックフォーカスB Fが変化する。次の表10に、無限遠合焦状態の、広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態における各可変間隔の値を示す。

【0075】

(表10)

[可変間隔データ]

	広角端	中間焦点距離	望遠端
D1	8.441	49.813	58.145
D2	59.847	22.570	3.383
D3	17.930	17.586	23.344
D4	26.917	9.136	2.573
D5	16.815	23.327	26.470
BF	45.8	53.4	61.9

10

【0076】

以下の表11に、本第3実施例における変倍光学系Z L 3の広角端状態、中間焦点距離状態、及び、望遠端状態における焦点距離、防振係数、回転ぶれ[°]及びレンズ群移動量[mm]を示す。

20

【0077】

(表11)

	焦点距離	防振係数	回転ぶれ	レンズ群移動量
広角端	81.6	0.80	0.3	0.53
中間焦点距離	240.0	0.89	0.2	0.95
望遠端	392.0	0.98	0.2	1.39

【0078】

次の表12に、この第3実施例における各条件式対応値を示す。

【0079】

(表12)

[条件式対応値]

- (1)  $f_1 / (-f_2) = 3.70$
- (2)  $(-f_2) / f_3 = 0.49$
- (3)  $f_4 / f_6 = 2.37$
- (4)  $f_5 / (-f_6) = 1.10$

30

【0080】

図10~図12に、本第3実施例に係る変倍光学系Z L 3の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差及びコマ収差の諸収差図を示す。なお、図10~図12において、(a)は無遠合焦状態の諸収差を示し、(b)は上述の表11に示す回転ぶれに対するぶれ補正を行ったときのコマ収差を示す。各収差図から明らかなように、第3実施例では、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

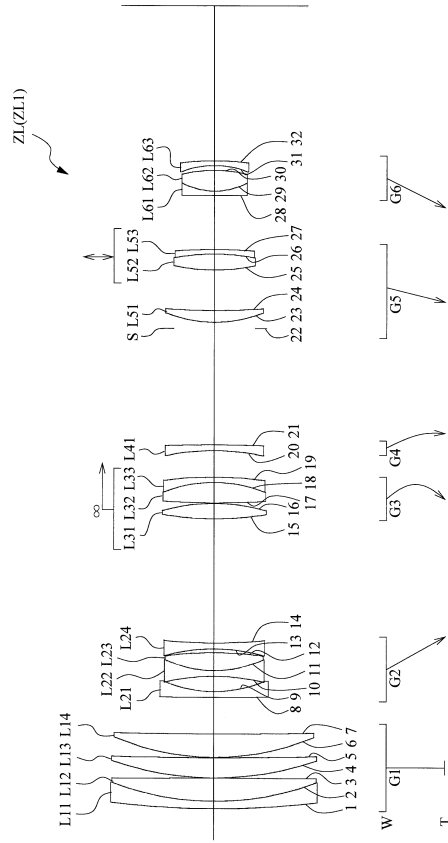
40

【符号の説明】

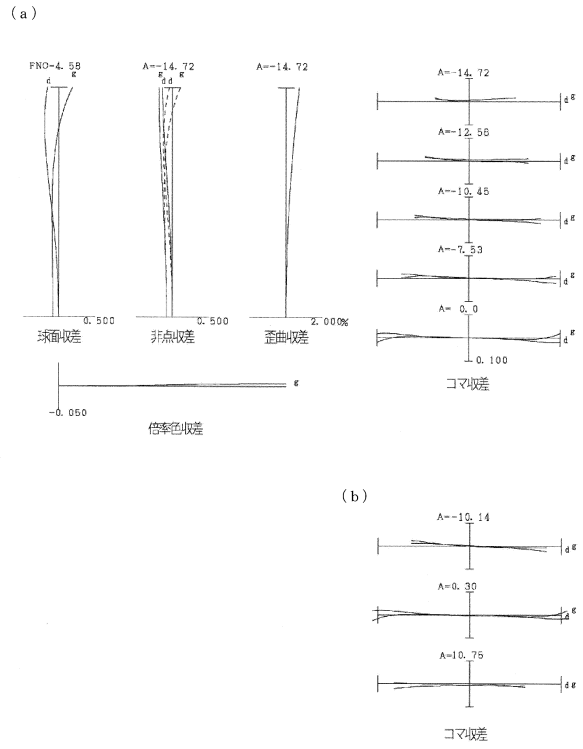
【0081】

- Z L (Z L 1 ~ Z L 3) 変倍光学系
- G 1 第1レンズ群      G 2 第2レンズ群      G 3 第3レンズ群
- G 4 第4レンズ群      G 5 第5レンズ群      G 6 第6レンズ群
- S 開口絞り      1 一眼レフカメラ(光学機器)

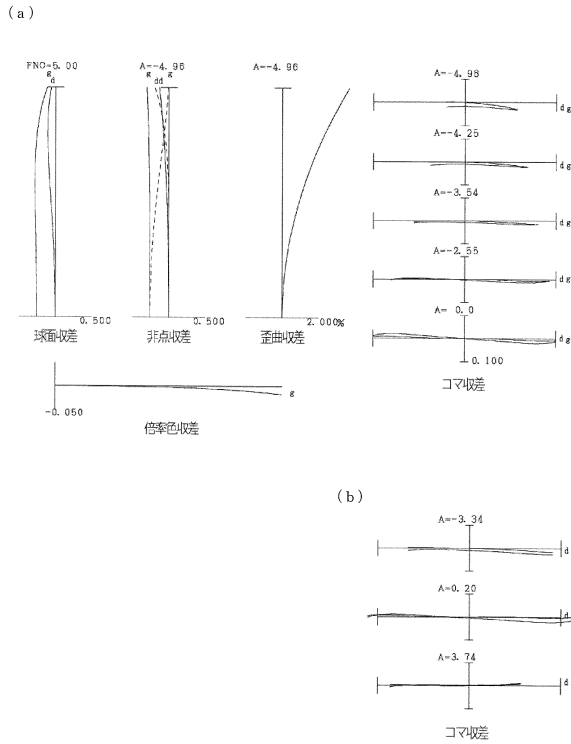
【図1】



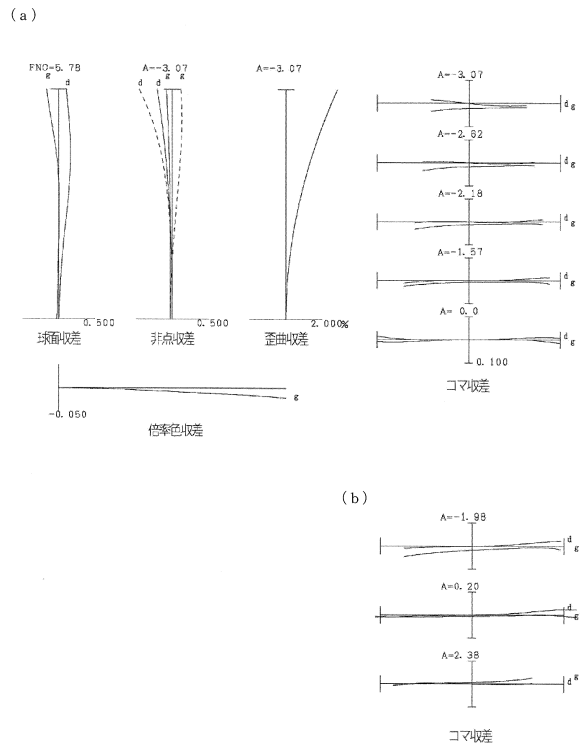
【図2】



【図3】

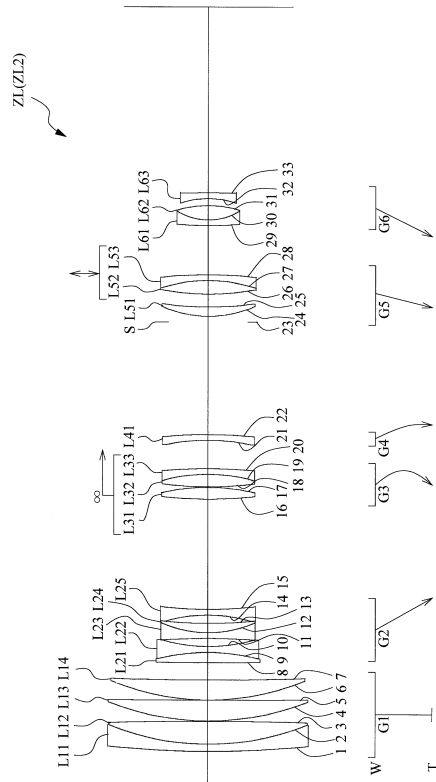


【図4】

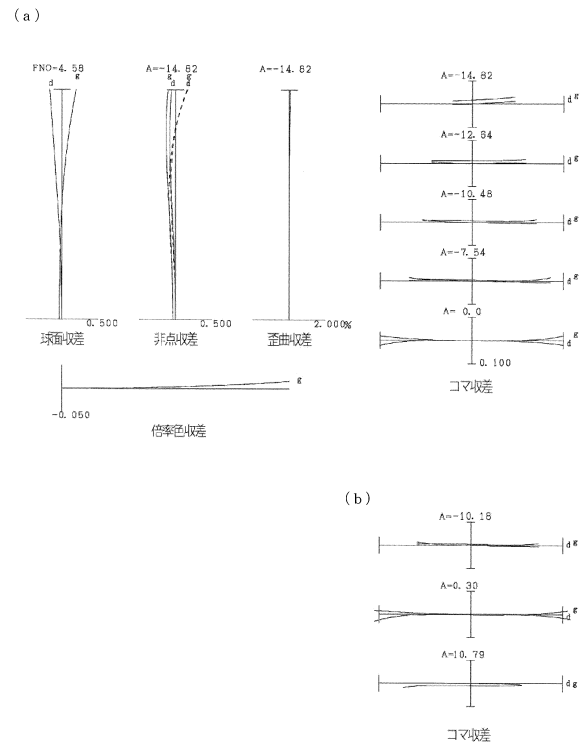




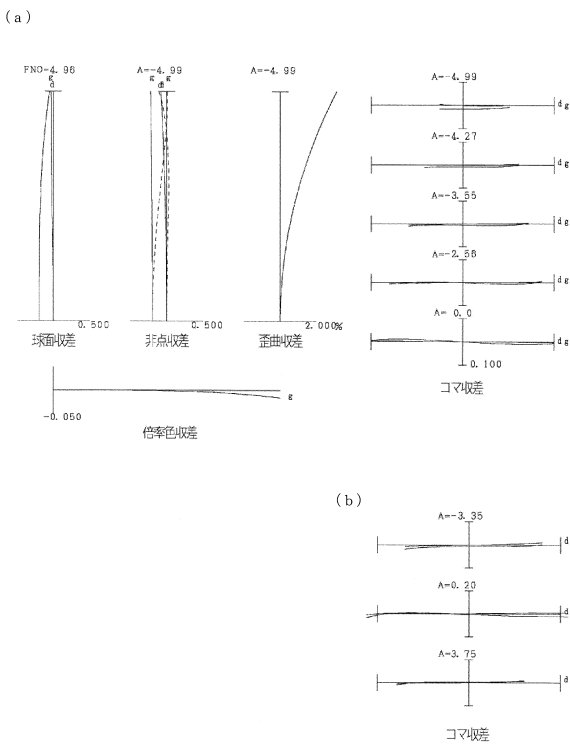
【図5】



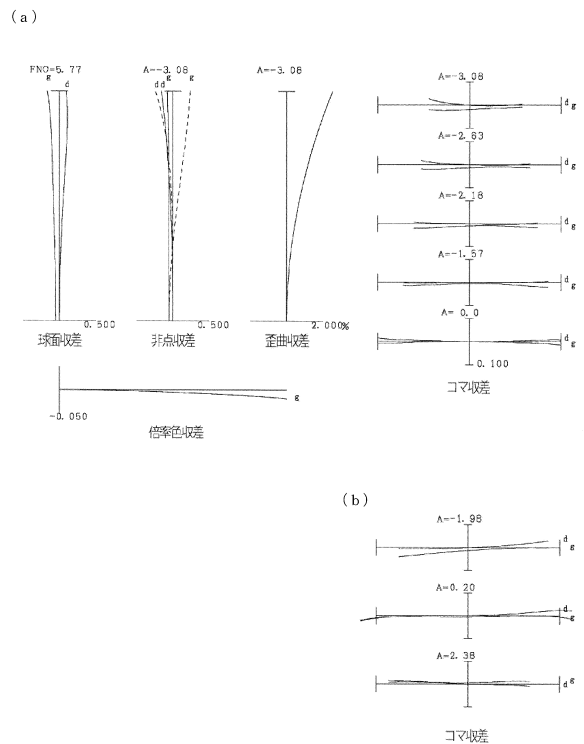
【図6】



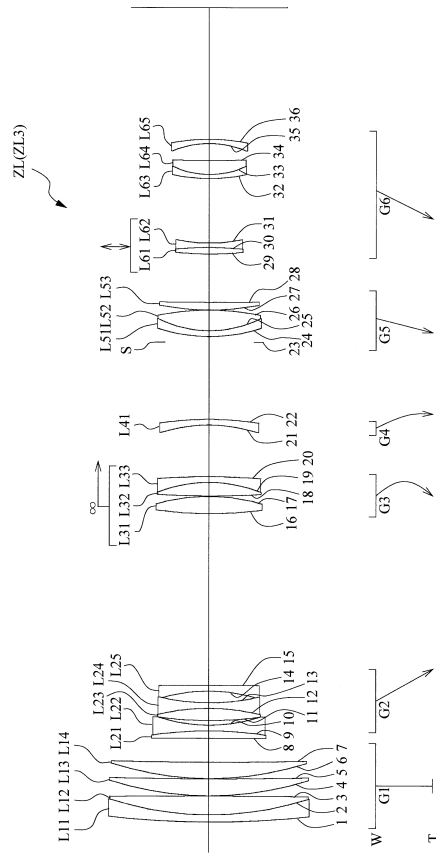
【図7】



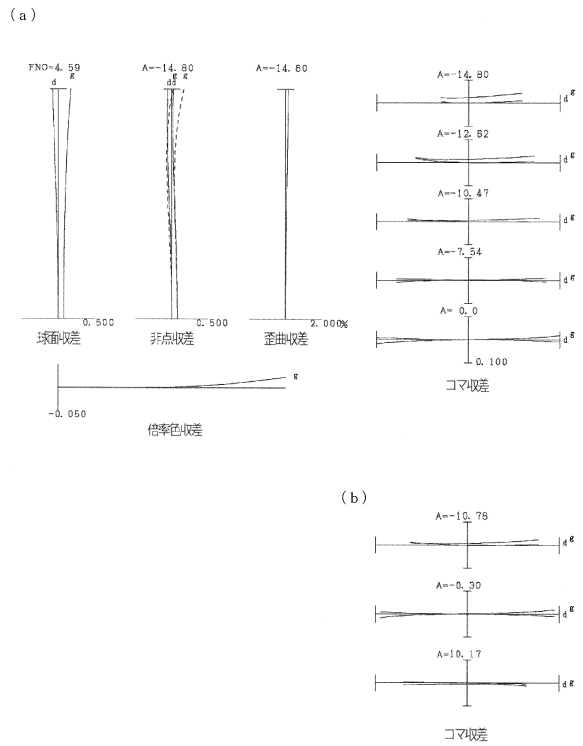
【図8】



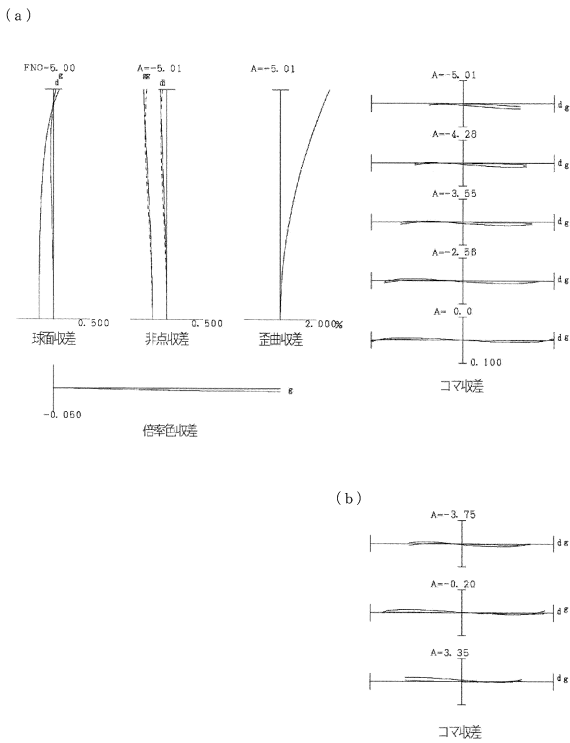
【図9】



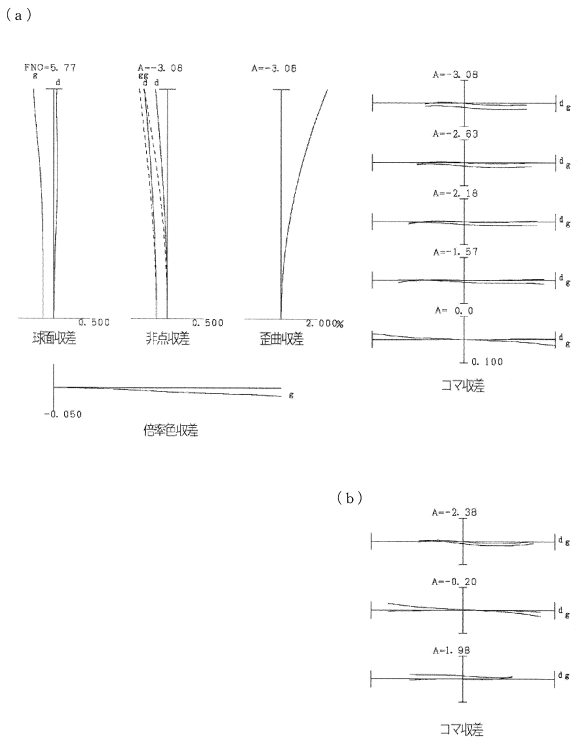
【図10】



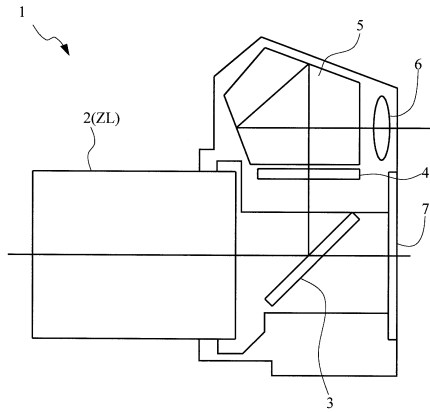
【図11】



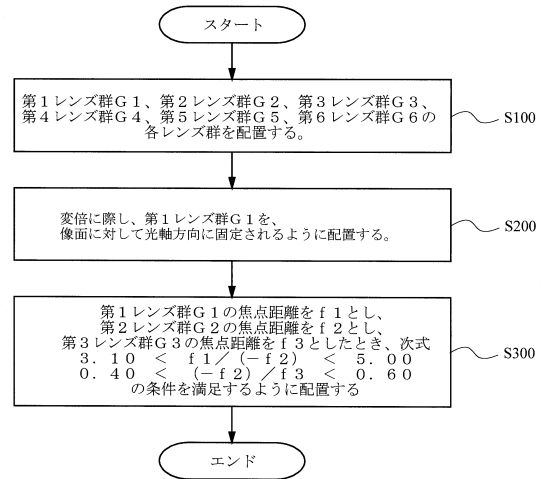
【図12】



【図13】



【図14】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4